

УДК 647.047

Е.Е. Шишкина, А.Г. Гороховский, Е.В. Сливина  
(E.E. Shishkina, A.G. Gorohovskij, E.V. Slivina)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

# **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЛАГООБМЕНА ДРЕВЕСИНЫ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ТОМПСОНА (DEFINITION OF WOOD MOISTURE TRANSFER RATE FACTOR IS THE THOMPSON EFFECT)**

*Показано, что учет эффекта Томпсона при определении величины коэффициента влагообмена древесины позволяет существенно повысить точность вычислительного эксперимента при моделировании процессов сушки пиломатериалов.*

*Accounting Thompson effect in determining the value of timber moisture transfer coefficient can significantly improve the accuracy of computing experiment at modelling processes of drying lumber.*

Моделирование процессов сушки древесины обычно проводят на основе системы дифференциальных уравнений тепломассообмена (ТМО) [1], для решения которой необходимо знать значения параметров, характеризующих ТМО. Одним из таких параметров является коэффициент влагообмена древесины с обрабатывающей средой.

Наиболее простым в использовании является следующее выражение для определения коэффициента влагообмена [2]:

$$\alpha_m = 0,95 \left( \frac{T}{\phi \varepsilon} \right) 10^{-9}, \quad (1)$$

где  $T$  – абсолютная температура среды, К;

$\varepsilon$  – критерий фазового превращения;

$\phi$  – степень насыщенности среды.

А.В. Лыков [3] теоретически обосновал, что при изучении переноса влаги между коллоидным капиллярно-пористым телом (каковым и является древесина) и окружающей средой необходимо исходить из условия равенства химических потенциалов влагопереноса на поверхности раздела сохнувшее тело – окружающая среда. Особо важным, на наш взгляд, является то, что это условие необходимо учитывать при определении величины коэффициента влагообмена  $\alpha_m$  в гигроскопической области.

Следует отметить, что понятие химического потенциала применимо, так сказать, в чистом виде лишь к агенту сушки и может быть вычислено по формуле [3]

$$A = -RT \ln \varphi, \quad (2)$$

где  $\varphi$  – относительная влажность (степень насыщенности);

$R$  – универсальная газовая постоянная ( $R = 8,31$  Дж/(моль·К));

$T$  – абсолютная температура, К.

Химический потенциал влагопереноса для древесины, о которой говорит А.В. Лыков [3], можно охарактеризовать работой сорбции древесинной влаги в гигроскопической области.

Следует отметить, что по выражению (1) коэффициент влагообмена  $\alpha_m$  определялся с учетом равенства потенциалов переноса на границе раздела фаз, но при этом не учтены следующие обстоятельства.

В капиллярах достаточно малого размера (порядка  $10^{-7}$  см) над мениском жидкости происходит снижение относительного давления пара  $\varphi$ . Согласно формуле Томпсона давление пара над мениском жидкости ( $P$ , Па) в капиллярах составляет [3]

$$P = P_{\infty} \exp\left(-\frac{2\sigma V_{жс}}{rRT}\right). \quad (3)$$

Тогда величина коэффициента снижения давления пара (а следовательно и  $\varphi$ ) составит

$$K = \frac{P}{P_{\infty}} = \exp\left(-\frac{2\sigma V_{жс}}{rRT}\right), \quad (4)$$

где  $P$  – давление пара над мениском жидкости в капилляре радиусом  $r$ ;

$P_{\infty}$  – то же при  $r_m \rightarrow \infty$  ( $r_m$  – радиус мениска);

$\sigma$  – поверхностное натяжение жидкости, Н/м;

$V_{жс}$  – молярный объем жидкости, м<sup>3</sup>/моль;

$r$  – радиус капилляра, м.

В таблице приведены расчетные значения коэффициентов снижения относительного давления водяного пара в капиллярах древесины при различных значениях ее температуры и влажности.

Коэффициенты снижения давления водяного пара  
в капиллярах древесины

Температура древесины, К	Влажность древесины, %			
	5,0	10,0	15,0	20,0
303	0,147	0,258	0,384	0,457
333	0,198	0,319	0,443	0,517
363	0,242	0,367	0,492	0,561

Из данных, приведенных в таблице, следует, что с повышением температуры и влажности древесины относительное снижение давления пара становится менее существенным, хотя и достаточно заметным. Так, мак-

симальное снижение может достигать 6,8 раза ( $T = 303 \text{ K}$ ,  $W = 5 \%$ ). В то же время при  $T = 363 \text{ K}$ ,  $W = 20 \%$  снижение давления составляет два раза.

Таким образом, формула (1) для определения коэффициента влагообмена должна быть несколько уточнена, а именно, введением коэффициента снижения степени насыщенности среды:

$$\alpha_m = 0,95 \left( \frac{T}{K_\phi(W, T) \rho \varepsilon} \right) \cdot 10^{-9}, \quad (5)$$

где  $K_\phi(W, T)$  – коэффициент снижения степени насыщенности среды в гигроскопической области.

Для определения  $K_\phi(W, T)$  как функции от  $W$  и  $T$  был проведен вычислительный эксперимент [4]. Величина коэффициента снижения описывается следующим выражением:

$$K_\phi(W, T) = -1,271 + 1,3 \cdot 10^{-2} W + 7,8 \cdot 10^{-3} T - 2,8 \cdot 10^{-4} W^2 - 8,8 \cdot 10^{-6} T^2 - 3,3 \cdot 10^{-6} WT. \quad (6)$$

Таким образом, в дальнейшем для расчета коэффициента влагообмена нами использовалась формула (5) с учетом формулы (6), что позволило повысить точность решения системы дифференциальных уравнений ТМО при анализе процессов камерной сушки древесины.

#### *Библиографический список*

1. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 336 с.
2. Гороховский А.Г. Технология сушки пиломатериалов на основе моделирования и оптимизации процессов тепломассопереноса в древесине: дис. ... д-ра техн. наук. СПб: СПбГЛТА им. Кирова, 2008. 263 с. Библиогр. С. 237–262.
3. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия. 1968. 470с.
4. Гороховский, А.А. Технология сушки древесины бесступенчатыми режимами: дис. ... канд. техн. наук. СПб: СПбГЛТА им. Кирова, 2011. 156 с. Библиогр. С. 134–156.